

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Oktober 2002 (03.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/077420 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F01K 23/10

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB02/00851

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. März 2002 (21.03.2002)

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LIEBIG, Erhard [DE/DE]; Fridolin-Lauber-Strasse 19, 79725 Laufenburg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

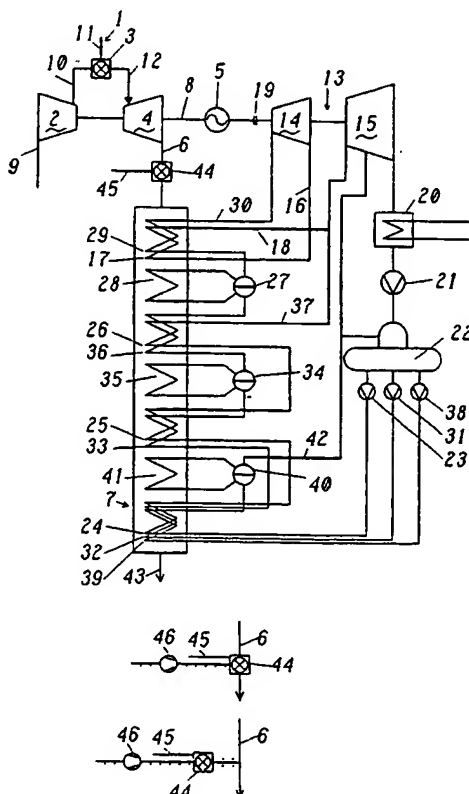
(30) Angaben zur Priorität:
101 15 131.4 27. März 2001 (27.03.2001) DE

(74) Gemeinsamer Vertreter: ALSTOM (SWITZERLAND) LTD; CHSP Intellectual Property, Brown Boveri Str. 7/699/5, CH-5401 Baden (CH).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR IMMEDIATELY, RAPIDLY AND TEMPORARILY INCREASING THE OUTPUT OF A COMBINED POWER STATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SOFORTIGEN, SCHNELLEN UND TEMPORÄREN ERHÖHUNG DER LEISTUNG EINES KOMBIKRAFTWERKES



(57) Abstract: The invention relates to a method for increasing the output of a combined power station, which consists of at least one gas turbine installation (1), of at least one waste heat boiler (7) and of at least one steam turbine installation (13). The gas turbine installation (1) is comprised of at least one compressor (2), of at least one combustion chamber (3) and of at least one gas turbine (4). The waste heat boiler (7) has at least one pressure stage, and the steam turbine installation (13) is comprised of at least one steam turbine (14, 15). In this combined power station, air is compressed inside a compressor (2) and is then supplied as combustion air (10) to a combustion chamber (3). The hot gas (12) resulting there is lead to a gas turbine (4), and the exhaust gas (6) of the gas turbine (4) is used inside the waste heat boiler (7) for producing steam for use in a steam turbine installation (13). The aim of the invention is to achieve an immediate and rapid increase in output and to maintain an additional output of the combined power station under sustaining conditions. To these ends: an additional furnace (44) is provided for additionally heating the exhaust gas (6) of the gas turbine (4); in the case of immediate, rapid and temporary increases in output of the combined power station, the combustion chamber (3) resp. the gas turbine (4) are subjected to a more intense firing, and the additional furnace (44) is simultaneously switched on, and; the gas turbine installation (1) is reduced to its original output by the extent of how much additional steam output generated as a result of the additional furnace (44) is built up, with respect to output, over the steam turbine installation.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Erhöhung der Leistung eines Kombikraftwerkes, bestehend aus mindestens einer Gasturbinenanlage (1), mindestens einem Abhitzekessel (7) und mindestens einer Dampfturbinenanlage (13), wobei die Gasturbinenanlage (1) aus mindestens einem Verdichter (2), mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/077420 A1



(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

einer Brennkammer (3) und mindestens einer Gasturbine (4) besteht, der Abhitzekessel (7) mindestens eine Druckstufe aufweist und die Dampfturbinenanlage (13) aus mindestens einer Dampfturbine (14, 15) besteht, bei welchem Kombikraftwerk Luft in einem Verdichter (2) verdichtet, dann als Verbrennungsluft (10) einer Brennkammer (3) zugeführt wird, das dort entstehende Heissgas (12) auf eine Gasturbine (4) geleitet wird, und das Abgas (6) der Gasturbine (4) in einem Abhitzekessel (7) zur Erzeugung von Dampf für eine Dampfturbinenanlage (13) verwendet wird, wird eine sofortige und schnelle Leistungssteigerung und ein Halten einer Zusatzleistung des Kombikraftwerkes unter schonenden Bedingungen dadurch erreicht, dass zur zusätzlichen Erwärmung des Abgases (6) der Gasturbine (4) eine Zusatzfeuerung (44) angeordnet ist, und dass für den Fall sofortiger, schneller und temporärer Leistungssteigerungen des Kombikraftwerkes die Brennkammer (3) resp. die Gasturbine (4) stärker befeuert wird und gleichzeitig die Zusatzfeuerung (44) zugeschaltet wird, und dass, in dem Masse wie sich durch die infolge der Zusatzfeuerung (44) bereitgestellte zusätzliche Dampfleistung über die Dampfturbinenanlage (13) auch leistungsmässig aufbaut, die Gasturbinenanlage (1) in ihrer Leistung wieder zurückgefahren wird.

Verfahren zur sofortigen, schnellen und temporären Erhöhung der Leistung eines Kombikraftwerkes

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur sofortigen, schnellen und temporären Erhöhung der Leistung eines Kombikraftwerkes. Insbesondere betrifft sie ein Verfahren, bei welchem über das Zusammenspiel der Brennstoffwärmeleistung der Gasturbinenanlage und einer Zusatzfeuerung im Abhitzeessel "primary response" und "secondary response" Anforderungen durch ein Kombikraftwerk anlageschonend erfüllt werden.

STAND DER TECHNIK

Mit der Liberalisierung der Energiemärkte wird der Wettbewerb auch auf dem Gebiet der Stromversorgung erheblich verschärft. Dies führt einerseits zur schnellen Realisierung moderner Energieumwandlungsverfahren insbesondere mit sehr hohem Wirkungsgrad. Aber auch auf dem Gebiet der Bereitstellung von kalter und heisser Reserveleistung ist man bestrebt, nach kostengünstigeren Möglichkeiten zu suchen. Diesen Anforderungen werden Gasturbinenanlagen und Kombikraftwerke in hohem Masse gerecht.

Gasturbinenanlagen sind in der Lage, vergleichsweise sehr grosse Leistungsgradienten zu realisieren. Dies gilt sowohl für einen Kaltstart als auch für Leistungssteigerungen aus einem beliebigen Leistungspunkt heraus. Moderne Gasturbinenanlagen sind heute in der Lage, in 30 bis 40 Minuten aus dem kalten Zustand auf Nennleistung zu fahren.

Im Ergebnis der Liberalisierung verlangen die Stromnetzbetreiber von den Kraftwerken der Stromerzeuger zunehmend "primary response" Eigenschaften. Der Ausdruck "primary response" bezieht sich auf eine Steigerung der Leistung über die angemeldete bzw. aktuell gefahrene Ist-Leistung eines jeweiligen Energieerzeugers mit einem definierten Leistungsgradienten. Beispielsweise soll die Zunahme der Leistung von der Ist-Leistung zu einer geforderten ca. 10 % höheren Leistung innerhalb 10 Sekunden erfolgen. D.h., die Kraftwerke müssen im Falle des Absinkens der Netzfrequenz (beispielsweise 0.5 Hz) in der Lage sein, in einer gewissen Zeiteinheit (beispielsweise 10 sec.) eine Leistungssteigerung (beispielsweise 10 % der Ist-Leistung) zu erbringen. Diese Leistungssteigerung sollte dann im Sinne von "secondary response" über einen Bereich von beispielsweise 30 Minuten oder länger gehalten werden können. Mit "secondary Response" wird das Halten einer Zusatzleistung über einer Ist-Leistung definiert, d.h. beispielsweise der Betrieb mit einer Zusatzleistung von z.B. 10% während einem Zeitraum von z.B. 30 Minuten.

Für Fragen von "primary response" und "secondary response" sind damit der maximal fahrbare Leistungsgradient, der Betrag der Zusatzleistung in Abhängigkeit der aktuell gefahrenen Ist-Leistung und die maximale Dauer für das Fahren der Zusatzleistung von Interesse. Das Erbringen einer Zusatzleistung sollte, mit Ausnahme der Grenzleistung, aus jedem Lastpunkt heraus möglich sein. Besonders hohe Anforderungen stellt dabei eine Leistungssteigerung über die Nennleistung hinaus.

Der Begriff der Nennleistung ist dabei identisch mit dem Begriff der Grenzdauerleistung, also einer oberen Leistung, für welche die Anlage für den Dauerbetrieb ausgelegt ist. Unter Teillast wird dabei eine Leistung unterhalb der Grenzdauerleistung und unter Überlast eine Leistung oberhalb der Grenzdauerleistung verstanden. Für die zeitlich begrenzte maximal fahrbare Leistung wird nachfolgend der Begriff Grenzleistung verwendet.

Leistungssteigerungen sind insbesondere während netzseitiger Spitzenlastzeiten kritisch, während welchen die jeweiligen Energieerzeuger bereits mit ihrer Grenzdauerleistung (Nennleistung) betrieben werden, und gleichzeitig ein ungeplantes Ereignis auftritt, welches eine kurzzeitige Leistungserhöhung über die Grenzdauerleistung hinaus erfordert.

Wie bereits erwähnt, sind Gasturbinenanlagen in der Lage, vergleichsweise sehr grosse Leistungsgradienten zu fahren. Aus diesem Grunde bieten sich Gasturbinenanlagen prinzipiell für "primary response" Zwecke an.

Moderne Gasturbinenanlagen sind allerdings heute aus Wirkungsgradgründen so ausgelegt, dass sie in einem weiten oberen Leistungsbereich im Bereich der für den Dauerbetrieb bei Nennleistung maximal zulässigen Auslegungstemperaturen (obere Prozesstemperatur) fahren, d. h. sich an ihrem für den Dauerbetrieb temperaturseitigen Auslegungslimit befinden.

In diesem oberen Leistungsbereich wird die Leistung über den Massenstrom mittels verstellbarer Leitschaufeln am Verdichtereintritt geregelt. Leistungssteigerungen in diesem Bereich führen daher beim Verlassen der Fahrregime des Normalbetriebes zu Überschreitungen der Auslegungstemperaturen, was sich negativ auf die Lebensdauer insbesondere der betroffenen Bauteile des Heissgaspfades auswirkt.

Daraus folgt aber auch, dass eine Leistungssteigerung über die Nennleistung hinaus bei der heute üblichen Auslegung nur durch ein Überfeuern der Gasturbinenanlage erreicht werden kann. Nachteilig dabei ist, dass die Gasturbinenanlage durch diese vom Normalregime abweichende Fahrweise sehr viele äquivalente Betriebsstunden (EOH - Equivalent Operating Hours, OH - Operating Hours, Betriebsstunden) erzeugt bzw. sehr viele Lebensdauerstunden verliert (beispielsweise 1.3 EOH/OH für steam injection oder 1.5 EOH/OH für frequency response). Dies insbesondere dann, wenn die Überlast lange durchgehalten werden muss.

Ein weiterer kritischer Fall kann bei einer schnellen Leistungssteigerung mit anschliessendem Halten der Leistung über einen secondary response Zeitraum beim Starten der Gasturbinenanlage aus dem kalten Zustand entstehen. Insbesondere bei einem Kaltstart kann es infolge technisch notwendiger Stabilisierungsprozesse bei bestimmten Leistungen erforderlich sein, Haltepunkte zu realisieren, bei welchen die Leistung im wesentlichen konstant gehalten wird. Bei einem plötzlichen Leistungsbedarf im Augenblick vor oder während eines derartigen Haltepunktes kann es erforderlich werden, diese Haltepunkte zu durchfahren, maximal zulässige Leistungs- bzw. Temperaturgradienten zu überschreiten usw.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur sofortigen, schnellen und temporär bleibenden Erhöhung der Leistung eines Kombikraftwerkes zur Verfügung zu stellen.

Unter dem Begriff "sofortig" ist in diesem Zusammenhang zu verstehen, dass die Erhöhung der Leistung im wesentlichen zeitverzugslos nach dem Abruf des Strombetreibers an den Generatoren des Kombikraftwerkes wirksam einzusetzen beginnt. "Schnell" ist in diesem Zusammenhang so zu verstehen, dass sich die Erhöhung der Leistung in kurzer Zeit einstellt, d.h. dass ein grosser positiver Leistungsgradient gefahren werden kann. "Temporär bleibend" soll hier so verstanden werden, dass die Zusatzleistung nach dem Aufbau auf das geforderte Maximum nicht sofort wieder zurückgefahren, sondern vor dem Zurücknehmen über einen gewissen Zeitraum im wesentlichen konstant gehalten wird.

Dabei handelt es sich um ein Kombikraftwerk bestehend aus mindestens einer Gasturbinenanlage, mindestens einem Abhitzekessel und mindestens einer

Dampfturbinenanlage, wobei die Gasturbinenanlage aus mindestens einem Verdichter, mindestens einer Brennkammer und mindestens einer Gasturbine besteht. Der Abhitzeessel weist mindestens eine Druckstufe auf und die Dampfturbinenanlage besteht aus mindestens einer Dampfturbine.

Bei einem derartigen Kombikraftwerk wird Luft in einem Verdichter verdichtet, dann als Verbrennungsluft einer Brennkammer zugeführt, das dort entstehende Heissgas auf eine Gasturbine geleitet, und das Abgas der Gasturbine in einem Abhitzeessel zur Erzeugung von Dampf für eine Dampfturbinenanlage verwendet. Das Verfahren soll es ermöglichen, schnelle, netzseitig geforderte Leistungsgradienten zu fahren und die erhöhte Leistung während eines gewissen Zeitraums zu halten.

Die Lösung dieser Aufgabe wird dadurch erreicht, dass zur zusätzlichen Erwärmung des Abgases der Gasturbine eine Zusatzfeuerung angeordnet ist, und dass für sofortige, schnelle und bleibende Leistungssteigerungen des Kombikraftwerkes die Gasturbinenanlage zur Leistungssteigerung stärker befeuert wird und gleichzeitig die Zusatzfeuerung zugeschaltet wird, und dass, in dem Masse wie eine durch infolge der Zusatzfeuerung bereitgestellte zusätzliche Dampfleistung über die Dampfturbinenanlage als Wellenleistung verfügbar wird, die Gasturbinenanlage in ihrer Leistung wieder zurückgefahren wird.

Der Kern der Erfindung besteht somit darin, mit einer Zusatzfeuerung zusätzliche Leistung zur Verfügung zu stellen. Da sich aber diese zusätzliche Leistung infolge thermischer Trägheit des Wasser-/Dampf-Kreislaufes vergleichsweise langsam aufbaut und damit verzögert dampfturbinenseitig, resp. ggf. generatorseitig verfügbar wird, wird für den sofortigen und schnellen Leistungsanstieg sowie die erste Phase des Fahrens der erhöhten Leistung zunächst die für derartige schnelle Leistungssteigerungen (primary response) geeignete Gasturbinenanlage genutzt. In dem Masse wie sich die über die Zusatzfeuerung und die Dampfturbinenanlage erbrachte Zusatzleistung auch effektiv nutzbar am Generator aufbaut, kann die zusätzliche Befeuerung der Gasturbinenanlage wieder zurückgenommen werden, was für die Gasturbinenanlage schonend ist. Dies bedeutet, dass der secondary response Zeitraum im wesentlichen über die Zusatzfeuerung und die Dampfturbinenanlage abgefahren wird.

Eine erste Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die temporär bleibende Leistungssteigerung des Kombikraftwerkes allein über die Zusatzfeuerung und die Dampfturbinenanlage erbracht wird, und dass die Gasturbinenanlage während des Aufbaus der Zusatzleistung über die Zusatzfeuerung wieder in ihren ursprünglichen Befeuerungszustand zurückgefahren wird. Durch dieses schnellstmögliche Zurückfahren der Gasturbinenanlage in den ursprünglichen Betriebspunkt wird sichergestellt,

dass die Gasturbinenanlage maximal geschont bzw. nur in minimalem Umfang überlastet wird.

Bei einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens handelt es sich beim Kombikraftwerk um eine Anlage, bei welcher die Gasturbinenanlage einen stromerzeugenden Generator antreibt, und das Kombikraftwerk eine Dampfturbinenanlage mit mehreren Dampfturbinen, insbesondere bevorzugt mit einer Hochdruckdampfturbine und einer Mitteldruck- resp. Niederdruckdampfturbine umfasst. Ebenfalls können die Gasturbinenanlage und die Dampfturbinenanlage auf einer Welle angeordnet sein, und die Gasturbinenanlage und die Dampfturbinenanlage über diese gemeinsame Welle einen stromerzeugenden Generator antreiben (Einwellenanlage). Dabei kann der Generator zwischen der Gasturbinenanlage und der Dampfturbinenanlage angeordnet sein, und es kann sich zwischen der Dampfturbinenanlage und dem Generator eine Kupplung befinden.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind der Abhitzekessel und die Dampfturbinenanlage in einem geschlossenen Wasser-/Dampfkreislauf angeordnet.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung handelt es sich um eine Leistungssteigerung des Kombikraftwerkes im Bereich von 5 - 15 %, insbesondere bevorzugt im Bereich von 5 - 10 %, und diese Leistungssteigerung muss dabei in einem Zeitbereich von 5 - 30 s, insbesondere bevorzugt im Bereich von 5 - 10 s aufgebaut werden. Die zusätzliche Leistung muss während eines weiteren Zeitraumes im Bereich von wenigstens 5 - 50 min, insbesondere während eines Zeitraumes von 15 - 30 min gehalten werden. Gerade bei derartigen Leistungsgradienten bzw. Fahrzeiten für Zusatzleistungen ist das erfindungsgemässe Verfahren effizient einsetzbar ohne dabei die Komponenten des Kraftwerkes übermässig stark zu belasten. Das Zurückfahren der Gasturbinenanlage in den ursprünglichen Leistungsbereich, kann in einem Zeitbereich von 10 s - 5 min, insbesondere im Bereich von 30 s - 2 min geschehen.

Häufig wird dabei die Leistungssteigerung durch einen Netzfrequenzabfall in der Grössenordnung von 0.1 - 3.0 Hz, insbesondere von 0.5 - 1.0 Hz ausgelöst resp. notwendig.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung fährt die Gasturbinenanlage vor der Leistungssteigerung bereits bei Nennleistung, und die sofortige, schnelle und temporär bleibende Leistungssteigerung der Gasturbinenanlage wird durch Überfeuerung der Gasturbinenanlage bewirkt. Gerade wenn die Gasturbinenanlage bei Nennleistung betrieben wird, stellt sich das Problem der Leistungssteigerung besonders. Da eine Gasturbinenanlage bei Nennleistung auch an ihrer für den Dauerbetrieb maximal zulässigen oberen Temperaturgrenze fährt, kann eine weitere Leistungssteigerung nur durch ein normalerweise für die gesamte Gasturbinenanlage schädliches Überfeuern erreicht werden. Das

schnellstmögliche Zurückfahren der Gasturbinenanlage nach dem Erbringen der primary response Leistung ist deshalb in dieser Situation von besonderem Interesse.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des vorgeschlagenen Verfahrens ist die Zusatzfeuerung in Strömungsrichtung des Abgases der Gasturbinenanlage vor dem Abhitzeessel und/oder innerhalb des Abhitzeessels angeordnet. Ebenso kann die Zusatzfeuerung ausserhalb des Abgasstromes der Gasturbinenanlage angeordnet sein und über einen Frischlüfter verfügen, wobei das Rauchgas der Zusatzfeuerung mit dem Abgas der Gasturbinenanlage gemischt wird. Dabei kann die Mischung des Abgases der Gasturbinenanlage und des Rauchgases der Zusatzfeuerung in Strömungsrichtung des Abgases der Gasturbinenanlage vor dem Abhitzeessel und/oder innerhalb des Abhitzeessels erfolgen.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schema eines Kombikraftwerkes; und

Fig. 2 Kraftwerksleistung als Funktion der Zeit bei einem Leistungsabruf entsprechend primary und secondary response.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Figur 1 zeigt als Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemässe Verfahren eine schematische Darstellung eines Kombikraftwerkes mit Einwellenanlage. Der Wasser-/Dampf-Kreislauf mit Abhitzeessel 7 und Dampfturbinenanlage 13 ist beispielhaft als Dreidruckprozess mit Zwischenüberhitzung 17 ausgeführt.

Unter einem Kombikraftwerk wird im weiteren die Kopplung eines Gas- und eines Dampfprozesses in Form einer Gasturbinenanlage und einer Dampfturbinenanlage verstanden. Die Wärme der Abgase der Gasturbine der Gasturbinenanlage dient dabei zur Dampferzeugung in einem Abhitzeessel. Der erzeugte Dampf wird mittels der Dampfturbinenanlage zur Stromerzeugung genutzt.

Das Kombikraftwerk weist gemäss der Figur 1 eine Gasturbinenanlage 1 auf, deren Abgas 6 einem Abhitzeessel 7 zugeführt wird. Die Gasturbinenanlage 1 besteht aus einem Verdichter

2, in einer Brennkammer 3 und einer Gasturbine 4. Die Gasturbine 4, der Verdichter 2 und der Generator 5 sind auf einer gemeinsamen Welle 8 angeordnet. Die Gasturbine 4 treibt über diese gemeinsame Welle 8 sowohl den Verdichter 2 als auch den Generator 5 an. Die Gasturbinenanlage 1 und der Generator 5 werden als Gasturbosatz bezeichnet. Die über eine Ansaugluftleitung 9 dem Verdichter 2 zugeführte Luft gelangt nach der Verdichtung im Verdichter 2 als Verbrennungsluft 10 in die Brennkammer 3. In der Brennkammer 3 wird über die Brennstoffleitung 11 zugeführter Brennstoff verbrannt. Das in der Brennkammer 3 erzeugte Heissgas 12 gelangt zur Gasturbine 4 und wird dort arbeitleistend entspannt.

Eine Gasturbinenanlage kann auch mehrere Brennkammern und mehrere Gasturbinen aufweisen. So sind beispielsweise bei Gasturbinenanlagen mit sequentieller Verbrennung einer Hochdruckbrennkammer mit Hochdruckturbine eine Niederdruckbrennkammer mit Niederdruckturbine nachgeschaltet. Auch kann eine Gasturbinenanlage mehrere Verdichter aufweisen. Ebenso könnte die Gasturbinenanlage mehrwellig aufgebaut sein.

Der im Abhitzeessel 7 in mehreren Druckstufen erzeugte Dampf wird über die jeweiligen Frischdampfleitungen 30,37,42 einer Dampfturbinenanlage 13 zugeführt. Der Hochdruckdampf wird nach dessen Abarbeitung in der Hochdruckdampfturbine 14 der Dampfturbinenanlage 13 über die kalte Zwischenüberhitzerdampfleitung 16 dem Zwischenüberhitzer 17 des Abhitzeessels 7 zugeführt, dort überhitzt und über die heisse Zwischenüberhitzerdampfleitung 18 gemeinsam mit dem Mitteldruckdampf der Mitteldruck-/Niederdruckdampfturbine 15 der Dampfturbinenanlage 13 zugeführt.

Diese Dampfturbinenanlage 13 besteht aus einer Hochdruckdampfturbine 14 und einer Mitteldruck-/Niederdruckdampfturbine 15. Im vorliegenden Fall treibt die Dampfturbinenanlage 13 über eine Kupplung 19 ebenfalls den Generator 5 an. In Fällen in denen sich die Gasturbinenanlage 1 und die Dampfturbinenanlage 13 mit dem Generator 5 auf einer Welle 8 befinden, spricht man auch von Einwellenanlagen. Verfügt die Gasturbinenanlage, bestehend aus Verdichter 2, Brennkammer 3 und Gasturbine 4, und die Dampfturbinenanlage 13 jeweils über einen eigenen Generator 5, so wird dies als eine Mehrwellenanlage bezeichnet. In Analogie zum Gasturbosatz (Gasturbinenanlage und Generator) spricht man bei einer Dampfturbinenanlage mit Generator auch vom Dampfturbosatz. Bei Mehrwellenanlagen können auch mehr als ein Gasturbosatz mit zugehörigem Abhitzeessel mit beispielsweise einem Dampfturbosatz kombiniert sein.

Der in der Dampfturbinenanlage 13 abgearbeitete Dampf strömt in einen Kondensator 20. Nach der Kondensation des Abdampfes im Kondensator 20 wird das Kondensat von der Kondensatpumpe 21 zum Speisewasserbehälter/Entgaser 22 gefördert, dort entgast und gespeichert.

Vom Speisewasserbehälter/Entgaser 22 wird mittels der Hochdruckspeisewasserpumpe 23 Speisewasser zu einem Hochdruckeconomizer I 24 gefördert, strömt danach zum Hochdruckeconomizer II 25, zum Hochdruckeconomizer III 26 und von diesem zur Hochdruckdampftrommel 27. Die Hochdruckdampftrommel 27 steht mit dem Hochdruckverdampfer 28 in Verbindung. Weiter folgt der Hochdruckdampftrommel 27 ein Hochdrucküberhitzer 29, an welchem die Hochdruckfrischdampfleitung 30 anschliesst, die zur Hochdruckdampfturbine 14 der Dampfturbinenanlage 13 führt.

Vom Speisewasserbehälter/Entgaser 22 wird mittels der Mitteldruckspeisewasserpumpe 31 Speisewasser zu einem Mitteldruckeconomizer I 32 gefördert, strömt danach zum Mitteldruckeconomizer II 33 und von diesem zur Mitteldruckdampftrommel 34. Die Mitteldruckdampftrommel 34 steht mit dem Mitteldruckverdampfer 35 in Verbindung. Weiter folgt der Mitteldruckdampftrommel 34 ein Mitteldrucküberhitzer 36, an welchem die Mitteldruckfrischdampfleitung 37 anschliesst, die zur Mitteldruck-/Niederdruckdampfturbine 15 der Dampfturbinenanlage 13 führt.

Vom Speisewasserbehälter/Entgaser 22 wird mittels der Niederdruckspeisewasserpumpe 38 Speisewasser zu einem Niederdruckeconomizer 39 gefördert und strömt von diesem zur Niederdruckdampftrommel 40. Die Niederdruckdampftrommel 40 steht mit dem Niederdruckverdampfer 41 in Verbindung. An der Niederdruckdampftrommel 40 schliesst die Niederdruckfrischdampfleitung 42 an, die ebenfalls zur Dampfturbinenanlage 13 führt. Der Niederdruckdampf dient ebenfalls zur Entgasung des Kondensates im Speisewasserbehälter/Entgaser 22.

Der Hochdruckeconomizer I 24, der Hochdruckeconomizer II 25, der Hochdruckeconomizer III 26, die Hochdruckdampftrommel 27, der Hochdruckverdampfer 28 und der Hochdrucküberhitzer 29 bilden zusammen ein bei einer ersten Druckstufe arbeitendes Hochdruckdampfsystem.

Der Mitteldruckeconomizer I 32, der Mitteldruckeconomizer II 33, die Mitteldruckdampftrommel 34, der Mitteldruckverdampfer 35 und der Mitteldrucküberhitzer 36 bilden zusammen ein bei einer zweiten Druckstufe arbeitendes Mitteldruckdampfsystem.

Der Niederdruckeconomizer 39, die Niederdruckdampftrommel 40 und der Niederdruckverdampfer 41 bilden zusammen ein bei einer dritten Druckstufe arbeitendes Niederdruckdampfsystem.

Im vorliegenden Fall wurde ein Abhitzeessel bestehend aus Trommel-Umlaufverdampfern beschrieben. Daher wird das durch die Economizer der jeweiligen Druckstufe vorgewärmte Speisewasser in die Dampftrommel gefördert. Das Trommelwasser wird im System Dampftrommel-Verdampfer umgewälzt und dabei anteilig verdampft. In der Dampftrommel

erfolgt die Separation von Wasser und Dampf. Das Wasser wird erneut dem Verdampfer zugeführt, während der Dampf direkt oder über einen möglicherweise vorhandenen Überhitzer zur Dampfturbinenanlage gelangt.

Nach dem Durchströmen des Abhitzekessels 7 gelangt das Abgas 6 schliesslich über einen Kamin 43 ins Freie.

Im vorliegenden Fall befindet sich unmittelbar in der Abgasleitung 6 zwischen Gasturbine 4 und Abhitzekessel 7 eine Zusatzfeuerung 44 mit der entsprechenden Brennstoffleitung 45. Mittels dieser Zusatzfeuerung 44 kann das Abgas 6 der Gasturbine 4 erforderlichenfalls nachbeheizt werden, wobei der im Abgas 6 vorhandene Restsauerstoff genutzt wird. Da die Zusatzfeuerung 44 nur in Betrieb ist, wenn die Gasturbinenanlage 1 in Betrieb ist, kommt diese zunächst ohne Frischlüfter aus. Es besteht jedoch die Möglichkeit die Zusatzfeuerung 44 auch mit einem Frischlüfter 46 zu betreiben.

Die Zusatzfeuerung 44 kann aber auch separat angeordnet sein. Das Rauchgas der Zusatzfeuerung 44 kann in diesem Fall dem Abgas 6 der Gasturbine 4 entweder vor dem Eintritt in den Abhitzekessel 7 aber auch an beliebiger Stelle innerhalb des Abhitzekessels 7 zugemischt werden. In diesem Fall ist jedoch ein Frischlüfter 46 zum Betreiben der Zusatzfeuerung 44 erforderlich.

Neben dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit einer Zusatzfeuerung 44 zwischen Gasturbine 4 und Abhitzekessel 7 kann die Zusatzfeuerung 44 auch innerhalb des Abhitzekessels 7 vorzugsweise in Strömungsrichtung vor einer jeweiligen Druckstufe angeordnet sein. Auch können mehrere Zusatzfeuerungen vor den jeweiligen Druckstufen angeordnet sein. So ist der EP 1 050 667, welche Schrift im Übrigen einen integrierenden Bestandteil der vorliegenden Beschreibung darstellt, eine Kombianlage beschrieben, bei der mit Vorteil eine Zusatzfeuerung zwischen dem Hochdrucküberhitzer und dem Hochdruckverdampfer im Abhitzekessel angeordnet ist. Dies hat den Vorteil, die Zusatzfeuerung auch dann betreiben zu können, wenn das Abgas der Gasturbine zum Beispiel schon auf einer Temperatur von über 550°C oder 600°C liegt, oder insgesamt eine höhere Leistung zugefuehrt zu können, ohne einen – beispielsweise aufgrund der verwendeten Werkstoffe vorgegebenen – oberen Grenzwert für die Temperatur im Abhitzekessel zu überschreiten.

Der Aufbau des beschriebenen Wasser-/Dampf-Kreislaufes, des Abhitzekessels 7, der Gasturbinenanlage 1 und der Dampfturbinenanlage 13 ist lediglich als ein Beispiel zu betrachten, da wie allgemein bekannt ist, derartige Komponenten bzw. Systeme sehr unterschiedlich ausgebildet sein können. Für den Erfindungsgedanken ist lediglich wesentlich, dass sich

- zwischen Gasturbine 4 und Abhitzekessel 7, d. h. in der Abgasleitung 6,
 - innerhalb des Abhitzekessels 7 oder
 - dem Abhitzekessel 7 beigelegt
- eine Zusatzfeuerung 44 befindet.

Hinsichtlich der Regelung der Leistung bzw. der Frequenz in Stromnetzen unterscheidet man neben dem sogenannten Totband mit der Primärregelung und Sekundärregelung verschiedene Arten der Regelung. Da elektrische Energie auf dem Weg vom Erzeuger zum Verbraucher nicht gespeichert werden kann, muss theoretisch in jedem Augenblick genau so viel elektrische Energie erzeugt werden, wie verbraucht wird. Die Frequenz der elektrischen Energie hängt direkt von der Drehzahl der Generatoren ab. Kommt es nun zu einem bestimmten Zeitpunkt zu einem Erzeugungsdefizit, so wird dieses Defizit zunächst durch die in den Schwungmassen der rotierenden Maschinen (Turbinen, Generatoren) enthaltene Energie gedeckt. Die Maschinen werden dadurch abgebremst, wodurch die Drehzahl und damit auch die Frequenz weiter sinkt. Wird dieser Tendenz nicht durch geeignete Leistungsregelungen entgegengewirkt, würde dies zum Netzzusammenbruch führen.

Innerhalb des sogenannten Totbandes im Bereich kleiner Frequenzabweichungen von bis zu $\pm 0.07 - 0.1$ Hz erfolgen im Normalfall keinerlei Regeleingriffe. Möglich ist in diesem Bereich lediglich eine verzögerte langsame Gegensteuerung zur Kompensation bleibender Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch.

Grössere Frequenzabweichungen im Bereich von $0.1 - 3.0$ Hz hervorgerufen durch Kraftwerksausfälle und Schwankungen im Stromverbrauch werden durch die Primärregelung auf die Kraftwerke im gesamten Stromnetz aufgeteilt. Das Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch muss innerhalb von Sekunden durch Regelung der Erzeugung ausgeglichen werden. Die Primärregelung dient damit der Stabilisierung der Frequenz bei möglichst kleiner Abweichung, jedoch auf einem vom Netzwert abweichenden Niveau.

Die sich an die Primärregelung anschliessende Sekundärregelung hat die Aufgabe, die Frequenz wieder auf den Netzwert z. B. 50 Hz zurückzuführen und das Gleichgewicht zwischen den Stromerzeugern und -verbrauchern wieder herzustellen.

Man unterscheidet ferner eine plötzliche Erhöhung und einen plötzlichen Abfall der Netzfrequenz. Im Falle einer Erhöhung der Frequenz, beispielsweise durch Abschaltung grosser Verbraucher, wird eine rasche Verminderung der Leistung der Erzeugereinheiten verlangt. Man bezeichnet diesen Vorgang auch als „high frequency response“.

Von besonderer Bedeutung ist ein plötzlicher Abfall der Netzfrequenz. In einem derartigen Fall muss zusätzliche Leistung sofort und schnell bereitgestellt und weiterhin über einen

längeren Zeitraum verfügbar gehalten werden. Für die Phase der schnellen Leistungsbereitstellung wird international der Begriff „primary response“ und für die Phase des sich anschliessenden Haltens der Zusatzleistung der Begriff „secondary response“ verwendet.

Es sei angemerkt, dass die einzelnen Begriffe weltweit nicht immer einheitlich verwendet werden und sich ebenso auf unterschiedliche Frequenzbereiche, Zeiträume, Leistungen u. dgl. beziehen können.

Wird nun von einem Kombikraftwerk eine sofortige und schnelle Leistungserhöhung (primary response) gefordert, welche nach dem Leistungsanstieg auch längere Zeit (secondary response) gehalten werden soll, so ergeben sich eine Reihe von Problemen.

Zunächst gilt es, die maximal zulässigen Leistungs- bzw. Temperaturgradienten einzuhalten. Sollte dies durch spezielle Netzanforderungen oder auf Grund von Auslegung, Bauweise und Zustand der Gasturbinenanlage nicht möglich sein, so macht sich ein Überfeuern der Anlage verbunden mit einem entsprechenden Lebensdauerverlust bereits während der Leistungssteigerung unabhängig von der gefahrenen Ist-Leistung erforderlich.

Während des Hochfahrens einer derartigen Anlage können, um gewisse Komponenten nicht übermässig zu strapazieren, auch sog. Haltepunkte vorgegeben sein, bei welchen die Leistung nicht weiter erhöht sondern abgewartet wird, bis sich ein stabiler Zustand in Bezug auf Druck, Temperatur etc. eingestellt hat (insbesondere für den Dampfkreislauf beispielsweise den Abhitzekessel relevant) bzw. um kritische Spannungszustände beispielsweise in dickwandigen Bauteilen (z. B: Kesseltrommeln, Dampfturbinengehäuse, -rotoren) infolge stark dynamischer thermischer Belastung zu vermeiden. Infolge einer netzseitigen Leistungsabfrage unter den Bedingungen von primary response kann es notwendig sein, einen vorgesehenen Haltepunkt vorzeitig zu verlassen oder zu durchfahren, mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Lebensdauer der Anlage.

Wie bereits erwähnt, sind moderne Gasturbinenanlagen aus Gründen guter Teillasteigenschaften, d.h. eines hohen Teillastwirkungsgrades, so ausgelegt, dass diese in einem weiten oberen Leistungsbereich mit Auslegungstemperatur betrieben werden. Innerhalb dieses Leistungsbereiches erfolgt die Leistungsregelung durch eine Regelung des Massenstromes der Ansaugluft mittels verstellbarer Leitschaufeln am Verdichtereintritt in Verbindung mit der Regelung der Brennstoffwärmeleistung. Bei Nennleistung sind die Möglichkeiten über den Luftmassenstrom ausgeschöpft.

Moderne Kombikraftwerke sind heute die Kraftwerke mit dem höchsten Wirkungsgrad. Im Bereich der konventionellen Kraftwerke garantieren sie eine äusserst wirtschaftliche

Stromerzeugung. Die Kombikraftwerke werden daher vorzugsweise bei Nennleistung im Mittel- bzw. Grundlastbereich betrieben.

Aus der dargelegten Auslegung und Fahrweise einer Gasturbinenanlage bzw. eines Kombikraftwerkes folgt:

1. Bei einer schnellen Leistungserhöhung im Bereich unterhalb der oberen Prozesstemperaturen kann es lediglich aus regelungstechnischen und Genauigkeitsgründen sowie beim Verlassen der Fahrregime des Normalbetriebes zu zeitlich begrenzten Überschreitungen der maximal zulässigen oberen Prozesstemperaturen kommen.
2. Bei einer schnellen Leistungserhöhung im Bereich der bereits gefahrenen oberen Prozesstemperaturen kommt es beim Verlassen der Fahrregime des Normalbetriebes zwangsläufig zu Überschreitungen der maximal zulässigen oberen Prozesstemperaturen.
3. Eine Leistungserhöhung über die Nennleistung hinaus bzw. beginnend bei Nennleistung ist ausschliesslich durch ein Überfeuern der Gasturbinenanlage möglich. Durch die damit verbundene enorme Überlastung insbesondere des Heissgaspfades ist der Betrieb einer Gasturbinenanlage oberhalb der Nennleistung nur zeitlich stark begrenzt möglich oder sinnvoll.

Aus diesen Gründen kommt nun das in Figur 2 dargestellte Verfahren zur Leistungserhöhung bzw. zum Halten einer Zusatzleistung bei primary und secondary response Anforderungen zum Einsatz. Dargestellt ist hier schematisch die Gesamtleistung P des Kombikraftwerkes 101 als Funktion der Zeit t . Die Kraftwerksleistung ist ferner auf die Gasturbinenanlage 102 und die Dampfturbinenanlage 103 aufgeschlüsselt. Die Zusatzfeuerung 44 des Abhitzekeessels 7 ist zunächst nicht in Betrieb. Die Dampferzeugung im Abhitzekeessel 7 und die damit verbundene Leistung der Dampfturbinenanlage 13 werden vom Betrieb der Gasturbinenanlage 1 und deren Abgaswärmestrom bestimmt.

Ausgelöst wird nun eine Leistungserhöhung meist durch einen Netzfrequenzabfall von 0.1 – 3.0 Hz, insbesondere von 0.5 – 1.0 Hz. In dieser Situation fordert der Netzbetreiber eine schnelle Zusatzleistung, welche, bezogen auf das einzelne Kombikraftwerk, meist im Bereich von 5 – 15 % der Nennleistung, insbesondere im Bereich von 5 – 10 % der Nennleistung, liegt. Die Leistungssteigerung muss dabei in einem Zeitraum von 5 - 30 s, insbesondere bevorzugt in einem Zeitraum von 5 - 10 s aufgebaut werden (primary response), und sie muss während eines weiteren Zeitraumes im Bereich von 5 - 50 min, insbesondere während eines Zeitraumes von 15 - 30 min gehalten werden (secondary response). Diese Werte sind länderspezifisch unterschiedlich. Eine international anerkannte Richtlinie bzgl. der Anforderungen elektrischer Netze ist der National Grid Code für England und Wales, an welchen sich heute viele Länder weltweit anlehnen. Die genannten Zahlenwerte stützen sich

im Kern auf diese Richtlinie ab, berücksichtigen aber in der Bandbreite die Belange der Netzbetreiber weltweit, so auch solcher Länder wie Singapur.

Der Zeitpunkt, zu welchem der Netzbetreiber eine zusätzliche Leistung im Sinne von primary response abrufen, ist in der Figur 2 als der Zeitpunkt des Beginns des zusätzlichen Leistungsbedarfs 105 bezeichnet. Zu diesem Zeitpunkt beginnt der Leistungsanstieg der Gasturbinenanlage, welcher zum Zeitpunkt 106 (Zeitpunkt des Erreichens des zusätzlichen Leistungsbedarfs) abgeschlossen ist.

Grundsätzlich wäre es nun möglich, die Gasturbinenanlage 1 unter Inkaufnahme einer hohen Belastung so zu betreiben, dass sich sowohl primary als auch secondary response Aufgaben erfüllen lassen. Es zeigt sich aber, dass gerade das Halten der Leistung in der secondary response Phase, und hier insbesondere in einem Leistungsbereich über der Nennleistung, wegen der hohen dabei auftretenden Abnutzung der Gasturbinenanlage 1 ungeeignet ist.

Überraschenderweise kann hier aber die Kombination mit einer Zusatzfeuerung 44 bei einem geeigneten Fahrprofil Abhilfe schaffen. Wie in Figur 2 dargestellt, wird zum Zeitpunkt des Beginns des zusätzlichen Leistungsbedarfs 105 die Leistung der Gasturbinenanlage 1 erhöht. Der zusätzliche Leistungseintrag durch die Gasturbinenanlage 1 ist schnell verfügbar und deckt die Anforderungen der primary response Phase ab. Ebenfalls zum Zeitpunkt des Abrufes des zusätzlichen Leistungsbedarfs 105 wird auch die Zusatzfeuerung 44 in Betrieb gesetzt. Mit Erhöhung der Dampfproduktion im Abhitzekessel 7 beginnt auch die Dampfturbinenleistung zu steigen.

Selbstverständlich kommt es auch durch die Erhöhung der Leistung der Gasturbinenanlage 1 zu einer Erhöhung der Leistung der Dampfturbinenanlage 13. Da die Leistung der Dampfturbinenanlage 13 aber nur ca. 50 % der Leistung der Gasturbinenanlage 1 beträgt, ist dieser Leistungsanstieg für eine prinzipielle Lösung des Problems „secondary response“ nicht ausreichend und soll von daher auch nicht Gegenstand der weiteren Betrachtungen sein.

Auf den Leistungseintrag durch die Zusatzfeuerung 44 folgt mit einer gewissen Zeitverzögerung die Dampferzeugung im Abhitzekessel 7 gefolgt von der Leistungserhöhung der Dampfturbinenanlage 13. Der frühest mögliche Beginn der Leistungserhöhung der Dampfturbinenanlage 13 nach Inbetriebnahme der Zusatzfeuerung 44 liegt im Bereich von 10 s. Das späteste Ende des Erreichens der Leistungserhöhung der Dampfturbinenanlage 13 nach Inbetriebnahme der Zusatzfeuerung 44 ist im Bereich von 2 bis 5 min zu erwarten.

Damit ist der Leistungsanteil der Dampfturbinenanlage mittels Zusatzfeuerung 104 vergleichsweise träge und würde keine primary response Leistung erlauben. Nun kann aber, in dem Masse wie sich der zusätzliche Leistungseintrag über die Zusatzfeuerung zwischen den Zeitpunkten 107 (Zeitpunkt des Beginns der Leistungssteigerung mittels Zusatzfeuerung)

und 108 (Zeitpunkt des Erreichens des zusätzlichen Leistungsbedarfs mittels Zusatzfeuerung) auf die Leistung der Anlage auswirkt, die zusätzliche Befeuerung der Gasturbinenanlage 1 zurückgenommen werden. Damit lässt sich die Belastung der Gasturbinenanlage 1 entscheidend verringern. Normalerweise kann die Gasturbinenanlage 1 in einem Zeitbereich von 10 s - 5 min, meist im Bereich von 30 s - 2 min wieder in den ursprünglichen Befeuerungszustand zurückgefahren werden. Nach dem Zurückfahren der Gasturbinenanlage 108 (Zeitpunkt des Erreichens des zusätzlichen Leistungsbedarfs mittels Zusatzfeuerung) wird während des ganzen Rests der secondary response Phase die Zusatzleistung über die Zusatzfeuerung 44 im Abhitzekessel 7 und die Dampfturbinenanlage 13 erbracht. Im Idealfall kann die Ueberfeuerung der Gasturbinenanlage zurückgefahren werden, bevor diese auf dem höheren Temperaturniveau durchgewärmt ist, kritische Betriebszustände auftreten usw.

Im Zuge der Entlastung der am Ausgleich des Leistungsdefizites des Stromnetzes beteiligten Kraftwerke kann auch die Zusatzfeuerung 44 zwischen den Zeitpunkten 109 (Zeitpunkt des Zurückfahrens der Zusatzfeuerung) und 110 (Zeitpunkt des Erreichens der Ausgangsleistung der Dampfturbinenanlage) wieder zurückgefahren werden.

Dampfturbinenanlagen können in einem weiten Bereich von Dampfmassenströmen ausgelegt bzw. betrieben werden. D. h., bei entsprechender Schluckfähigkeit können Dampfturbinenanlagen auch grosse über dem Nenndampfmassenstrom liegende Dampfmassenströme allerdings bei eventuell sinkendem Wirkungsgrad verarbeiten. Unter den Bedingungen der Reservestromlieferung ist allerdings die Leistung entscheidend und nicht der Wirkungsgrad.

Beim System des Wasser-/Dampf-Kreislaufes insbesondere dem Abhitzekessel handelt es sich um thermisch träge Anlagen, welche für "primary response" Zwecke wenig geeignet sind, sich jedoch für "secondary response" Zwecke regelrecht empfehlen.

Auf diese Weise kann durch eine entsprechende Auslegung und Gestaltung des Abhitzekessels und eine eventuelle Überdimensionierung des Wasser-/Dampf-Kreislaufes ein Kombikraftwerk zur Erfüllung zusätzlicher Netzanforderungen ausgelegt werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Gasturbinenanlage (bestehend aus 2,3,4)
- 2 Verdichter
- 3 Brennkammer
- 4 Gasturbine
- 5 Generator
- 6 Abgas, Abgasleitung
- 7 Abhitzekessel
- 8 (gemeinsame) Welle
- 9 Ansaugluftleitung
- 10 Verbrennungsluft
- 11 Brennstoffleitung (für Brennkammer 3)
- 12 Heissgas
- 13 Dampfturbinenanlage (bestehend aus 14,15)
- 14 Hochdruckdampfturbine
- 15 Mitteldruck-/Niederdruckdampfturbine
- 16 Kalte Zwischenüberhitzerdampfleitung
- 17 Zwischenüberhitzer
- 18 Heisse Zwischenüberhitzerdampfleitung
- 19 Kupplung
- 20 Kondensator
- 21 Kondensatpumpe
- 22 Speisewasserbehälter/Entgaser
- 23 Hochdruckspeisewasserpumpe
- 24 Hochdruckeconomizer I
- 25 Hochdruckeconomizer II
- 26 Hochdruckeconomizer III
- 27 Hochdruckdampftrommel
- 28 Hochdruckverdampfer
- 29 Hochdrucküberhitzer
- 30 Hochdruckfrischdampfleitung
- 31 Mitteldruckspeisewasserpumpe
- 32 Mitteldruckeconomizer I
- 33 Mitteldruckeconomizer II
- 34 Mitteldruckdampftrommel
- 35 Mitteldruckverdampfer

- 36 Mitteldrucküberhitzer
- 37 Mitteldruckfrischdampfleitung
- 38 Niederdruckspeisewasserpumpe
- 39 Niederdruckeconomizer
- 40 Niederdruckdampftrommel
- 41 Niederdruckverdampfer
- 42 Niederdruckfrischdampfleitung
- 43 Kamin
- 44 Zusatzfeuerung
- 45 Brennstoffleitung (für Zusatzfeuerung 44)
- 46 Frischlüfter
- 101 Gesamtleistung (Ausgangsleistung) des Kombikraftwerkes
- 102 Leistungsanteil der Gasturbinenanlage (Ausgangsleistung)
- 103 Leistungsanteil der Dampfturbinenanlage (Ausgangsleistung)
- 104 Leistungsanteil der Dampfturbinenanlage mittels Zusatzfeuerung
- 105 Zeitpunkt des Beginns des zusätzlichen Leistungsbedarfs
- 106 Zeitpunkt des Erreichens des zusätzlichen Leistungsbedarfs (mittels der Gasturbinenanlage)
- 107 Zeitpunkt des Zurückfahrens der Gasturbinenanlage = Zeitpunkt des Beginns der Leistungssteigerung mittels Zusatzfeuerung
- 108 Zeitpunkt des Erreichens der Ausgangsleistung der Gasturbinenanlage = Zeitpunkt des Erreichens des zusätzlichen Leistungsbedarfs mittels Zusatzfeuerung
- 109 Zeitpunkt des Zurückfahrens der Zusatzfeuerung
- 110 Zeitpunkt des Erreichens der Ausgangsleistung des Kombikraftwerkes = Zeitpunkt des Erreichens der Ausgangsleistung der Dampfturbinenanlage

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur sofortigen, schnellen und temporär bleibenden Erhöhung der Leistung eines Kombikraftwerkes, bestehend aus mindestens einer Gasturbinenanlage (1), mindestens einem Abhitzekessel (7) und mindestens einer Dampfturbinenanlage (13), wobei die Gasturbinenanlage (1) aus mindestens einem Verdichter (2), mindestens einer Brennkammer (3) und mindestens einer Gasturbine (4) besteht, der Abhitzekessel (7) mindestens eine Druckstufe aufweist und die Dampfturbinenanlage (13) aus mindestens einer Dampfturbine (14,15) besteht, bei welchem Kombikraftwerk Luft in einem Verdichter (2) verdichtet, dann als Verbrennungsluft (10) einer Brennkammer (3) zugeführt wird, das dort entstehende Heissgas (12) auf eine Gasturbine (4) geleitet wird, und das Abgas (6) der Gasturbine (4) in einem Abhitzekessel (7) zur Erzeugung von Dampf für eine Dampfturbinenanlage (13) verwendet wird, wobei im Strömungsweg des Abgases (6) der Gasturbine (4) eine Zusatzfeuerung (44) angeordnet ist dadurch gekennzeichnet, dass für sofortige, schnelle und temporär bleibende Leistungssteigerungen des Kombikraftwerkes die Gasturbinenanlage (1) zur Leistungssteigerung stärker befeuert wird und gleichzeitig die Zusatzfeuerung (44) zugeschaltet wird, und dass, in dem Masse wie eine durch infolge der Zusatzfeuerung (44) bereitgestellte zusätzliche Dampfleistung über die Dampfturbinenanlage (13) als Wellenleistung verfügbar wird, die Gasturbinenanlage (1) in ihrer Leistung wieder zurückgefahren wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die temporär bleibende Leistungssteigerung des Kombikraftwerkes allein über die Zusatzfeuerung (44) erbracht wird, und dass die Gasturbinenanlage (1) im wesentlichen während des Aufbaus der Zusatzleistung über die Zusatzfeuerung (44) wieder in ihren ursprünglichen Befeuerungszustand zurückgefahren wird.

3. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbinenanlage (1) einen stromerzeugenden Generator (5) antreibt, und dass das Kombikraftwerk eine Dampfturbinenanlage (13) mit mehreren Dampfturbinen (14,15), insbesondere bevorzugt mit einer Hochdruckdampfturbine (14) und einer Mitteldruck- resp. Niederdruckdampfturbine (15) umfasst.

4. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gasturbinenanlage (1) und eine Dampfturbinenanlage (13) auf einer Welle (8) angeordnet

sind, und dass die Gasturbinenanlage (1) und die Dampfturbinenanlage (13) über diese gemeinsame Welle (8) einen stromerzeugenden Generator (5) antreiben.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (5) zwischen der Gasturbinenanlage (1) und der Dampfturbinenanlage (13) angeordnet ist, und dass zwischen der Dampfturbinenanlage (13) und dem Generator (5) eine Kupplung (19) angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abhitzeessel (7) und die Dampfturbinenanlage (13) in einem geschlossenen Wasser-/Dampf-kreislauf angeordnet sind.

7. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine Leistungssteigerung des Kombikraftwerkes im Bereich von 5 - 15 % der Nennleistung, insbesondere bevorzugt im Bereich von 5 - 10 % der Nennleistung handelt, und dass diese Leistungssteigerung in einem Zeitraum von 5 - 30 s, insbesondere bevorzugt in einem Zeitraum von 5 - 10 s aufgebaut werden muss, und dass diese zusätzliche Leistung während eines weiteren Zeitraumes im Bereich von wenigstens 5 - 50 min, insbesondere während eines Zeitraumes von 15 - 30 min gehalten werden muss.

8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbinenanlage (1) in einem Zeitbereich von 10 s – 5 min, insbesondere im Bereich von 30 s - 2 min, wieder in den ursprünglichen Leistungsbereich zurückgefahren wird.

9. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungssteigerung durch einen Netzfrequenzabfall in der Größenordnung von 0.1 – 3.0 Hz, insbesondere von 0.5 – 1.0 Hz ausgelöst wird.

10. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasturbinenanlage (1) vor der Leistungssteigerung mit Nennleistung betrieben wird, und dass die sofortige, schnelle und temporäre Leistungssteigerung der Gasturbinenanlage (1) durch Überfeuerung der Gasturbinenanlage (1) bewirkt wird.

11. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzfeuerung (44) in Strömungsrichtung des Abgases (6) der Gasturbinenanlage (1) vor dem Abhitzeessel (7) und/oder innerhalb des Abhitzeessels (7) angeordnet ist.

12. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzfeuerung (44) ausserhalb des Abgasstromes (6) der Gasturbinenanlage (1) angeordnet ist und über einen Frischlüfter (46) verfügt, und dass das Rauchgas der Zusatzfeuerung (44) mit dem Abgas (6) der Gasturbinenanlage (1) gemischt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung des Abgases (6) der Gasturbinenanlage (1) und des Rauchgases der Zusatzfeuerung (44) in Strömungsrichtung des Abgases (6) der Gasturbinenanlage (1) vor dem Abhitzekeessel (7) und/oder innerhalb des Abhitzekeessels (7) erfolgt.

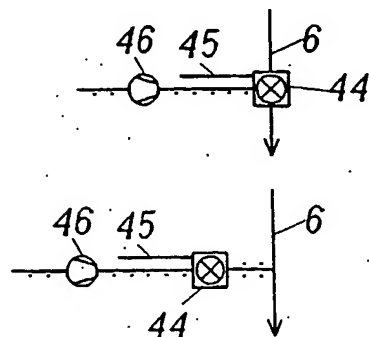
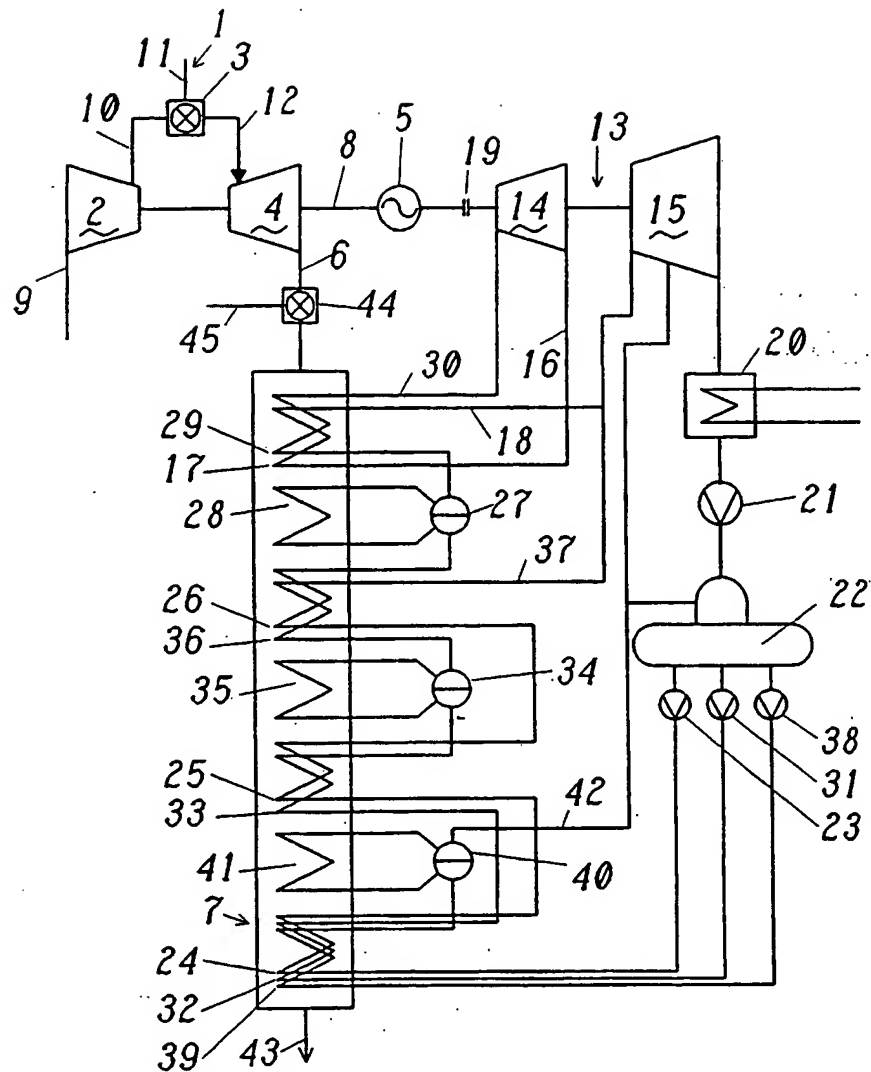
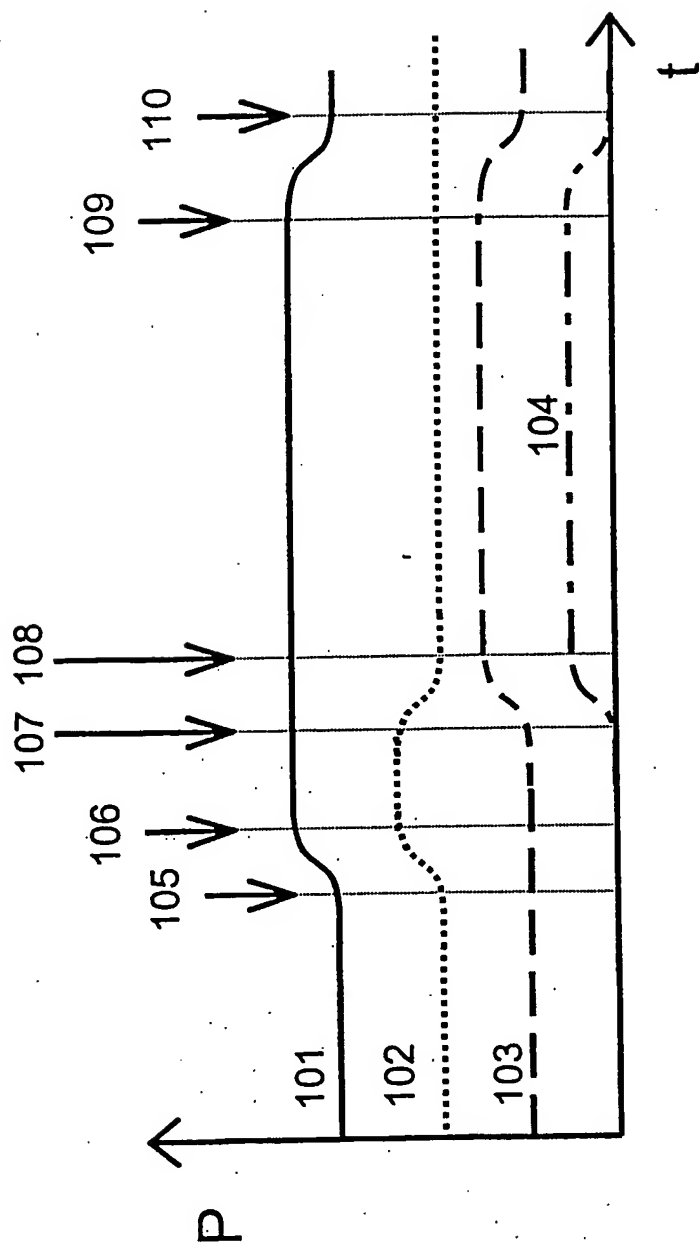


Fig. 1

**Fig. 2**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/IB 02/00851

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01K23/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 050 667 A (ASEA BROWN BOVERI) 8 November 2000 (2000-11-08) cited in the application	2
A	column 10, line 5 - line 30 column 13, line 22 - line 33 claim 18; figures	1,3-13
A	US 3 505 811 A (UNDERWOOD FRANK A) 14 April 1970 (1970-04-14) column 3, line 40 - line 55 column 4, line 55 - line 75 figures	1-13
A	EP 0 967 366 A (STORK ENG & CONTRACTORS BV) 29 December 1999 (1999-12-29) paragraph '0022! - paragraph '0026! figures	1-13
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

8 document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 July 2002

Date of mailing of the international search report

06/08/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Teissier, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

.../IB 02/00851

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GERICKE B: "KOMBI-ANLAGEN FUER INDUSTRIE UND KOMMUNEN. TEIL 2: ZUSATZBEFEUERTEREINDRUCKPROZESS MIT REKU UND ZUSATZBEFEUERTER MEHRDRUCKPROZESS MIT ZUE" VGB KRAFTWERKSTECHNIK, VGB KRAFTWERKSTECHNIK GMBH. ESSEN, DE, vol. 77, no. 11, 1 November 1997 (1997-11-01), pages 912-919, XP000724054 ISSN: 0372-5715 the whole document ----	1-13
A	FR 1 352 876 A (ALSTHOM CGEE) 21 February 1964 (1964-02-21) page 1, column 1, paragraph 4 page 2, column 1, paragraph 1 page 2, column 1, paragraph 4 page 4, column 2, paragraph 1 claim 1; figure 1 ----	1-13
A	US 4 222 229 A (URAM ROBERT) 16 September 1980 (1980-09-16) column 1, line 62 -column 2, line 12 column 3, line 1 - line 33 column 4, line 48 - line 68 figure 1 -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB 02/00851

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1050667	A	08-11-2000	EP 1050667 A1	08-11-2000
US 3505811	A	14-04-1970	NONE	
EP 0967366	A	29-12-1999	NL 1009467 C2 EP 0967366 A1	27-12-1999 29-12-1999
FR 1352876	A	21-02-1964	NONE	
US 4222229	A	16-09-1980	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/00851

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F01K23/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 050 667 A (ASEA BROWN BOVERI) 8. November 2000 (2000-11-08) in der Anmeldung erwähnt	2
A	Spalte 10, Zeile 5 - Zeile 30 Spalte 13, Zeile 22 - Zeile 33 Anspruch 18; Abbildungen	1, 3-13
A	US 3 505 811 A (UNDERWOOD FRANK A) 14. April 1970 (1970-04-14) Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 55 Spalte 4, Zeile 55 - Zeile 75 Abbildungen	1-13
A	EP 0 967 366 A (STORK ENG & CONTRACTORS BV) 29. Dezember 1999 (1999-12-29) Absatz '0022! - Absatz '0026! Abbildungen	1-13

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Juli 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/08/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Teissier, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

PCI/IB 02/00851

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>GERICKE B: "KOMBI-ANLAGEN FUER INDUSTRIE UND KOMMUNEN. TEIL 2: ZUSATZBEFEUERTEREINDRUCKPROZESS MIT REKU UND ZUSATZBEFEUERTER MEHRDRUCKPROZESS MIT ZUE"</p> <p>VGB KRAFTWERKSTECHNIK, VGB KRAFTWERKSTECHNIK GMBH. ESSEN, DE, Bd. 77, Nr. 11, 1. November 1997 (1997-11-01), Seiten 912-919, XP000724054 ISSN: 0372-5715 das ganze Dokument</p> <p>---</p>	1-13
A	<p>FR 1 352 876 A (ALSTHOM CGEE) 21. Februar 1964 (1964-02-21) Seite 1, Spalte 1, Absatz 4 Seite 2, Spalte 1, Absatz 1 Seite 2, Spalte 1, Absatz 4 Seite 4, Spalte 2, Absatz 1 Anspruch 1; Abbildung 1</p> <p>---</p>	1-13
A	<p>US 4 222 229 A (URAM ROBERT) 16. September 1980 (1980-09-16) Spalte 1, Zeile 62 - Spalte 2, Zeile 12 Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 33 Spalte 4, Zeile 48 - Zeile 68 Abbildung 1</p> <p>-----</p>	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/IB 02/00851

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1050667	A	08-11-2000	EP	1050667 A1	08-11-2000
US 3505811	A	14-04-1970	KEINE		
EP 0967366	A	29-12-1999	NL	1009467 C2	27-12-1999
			EP	0967366 A1	29-12-1999
FR 1352876	A	21-02-1964	KEINE		
US 4222229	A	16-09-1980	KEINE		